

Korrosionsschutzbänder



Welche Unterschiede gibt es bei den Produktionstechnologien und welchen Einfluss haben diese auf die Materialeigenschaften?

Pipeline Industries Guild Webinar
04.08.2020



Agenda

1. Einleitung
2. Laminierung vs. Koextrusion
3. 3-Schichten- vs. 2-Schichten-Bänder
4. 3-Schichten-Bänder: Koextrudiert & asymmetrisch
5. Vergleich der Materialeigenschaften
6. Koextrusion vs. Laminierung – einfach testen
7. Langzeiterfahrungen mit DENSOLEN® 3-Schichten-Bändern
8. Fazit



1. Einleitung

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

Einleitung

Bänder unterscheiden sich in verschiedenen Aspekten:

- Produktionstechnologie (Laminierung vs. Koextrusion)
- Material (z.B. PVC-Bitumen vs. PE-Butylkautschuk)
- Struktur (2-Schichten vs. 3-Schichten)
- Aufbau (Symmetrisch vs. Asymmetrisch)

➤ **Band ≠ Band**

Einleitung

Fragen, die beantwortet werden sollen:

- *Haben unterschiedliche **Produktionstechnologien** und Bandstrukturen einen Einfluss auf die **Qualität** und die wesentlichen **Materialeigenschaften** von Bändern?*
- Welche Einflüsse haben die Produktionstechnologie und die Bandstruktur auf das **Langzeitverhalten** von Bandsystemen?



2. Laminierung vs. Koextrusion

denso-group.com

denso-group.com

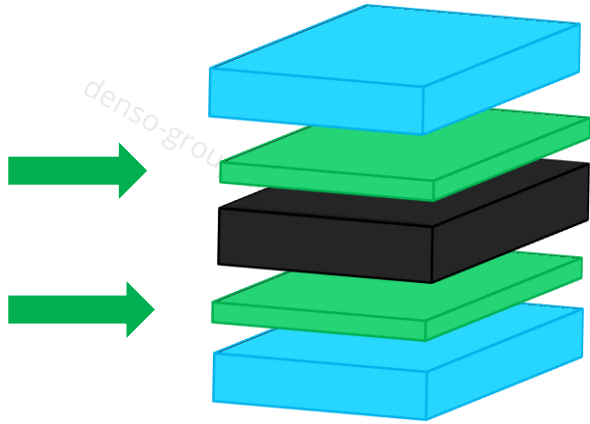
denso-group.com

denso-group.com

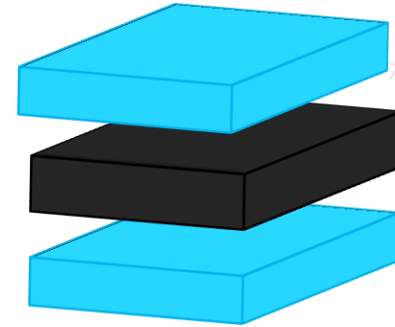
denso-group.com

denso-group.com

Ziel: Verbinden verschiedener Materialien



Verwendung von Klebern



Bei Bändern - Verbinden ohne Kleber:

- Laminierung
- Koextrusion

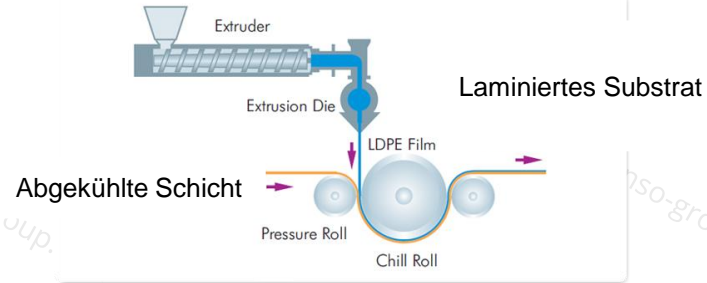
Laminierung

- Es gibt 3 typische Laminierungstechnologien.
- Eine Gemeinsamkeit haben alle Laminierungstechnologien :

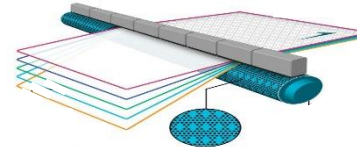
Mindestens **eine Schicht** ist bereits **abgekühlt** und wird anschließend mit einer weiteren Schicht überzogen.

Typische Laminierungstechnologien

1. Extrusion einer zweiten Lage auf eine feste, kalte Schicht



2. Erhitzen und Zusammenpressen von kalten, festen Schichten

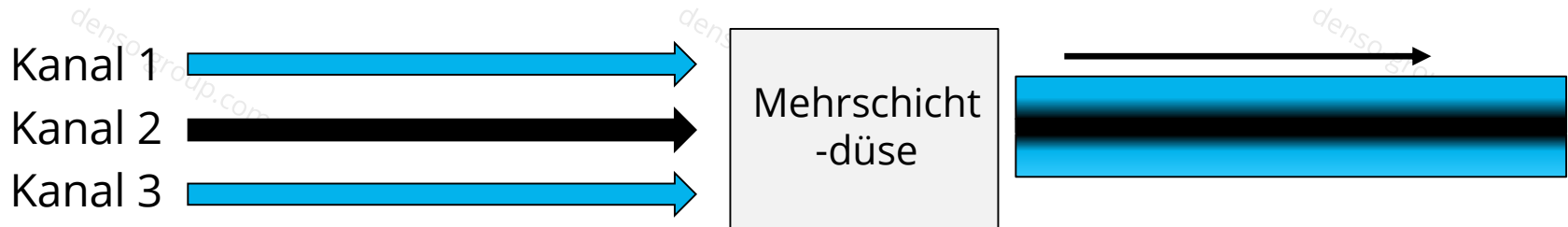


3. Flüssigkeit wird auf einer kalten, festen Schicht verteilt



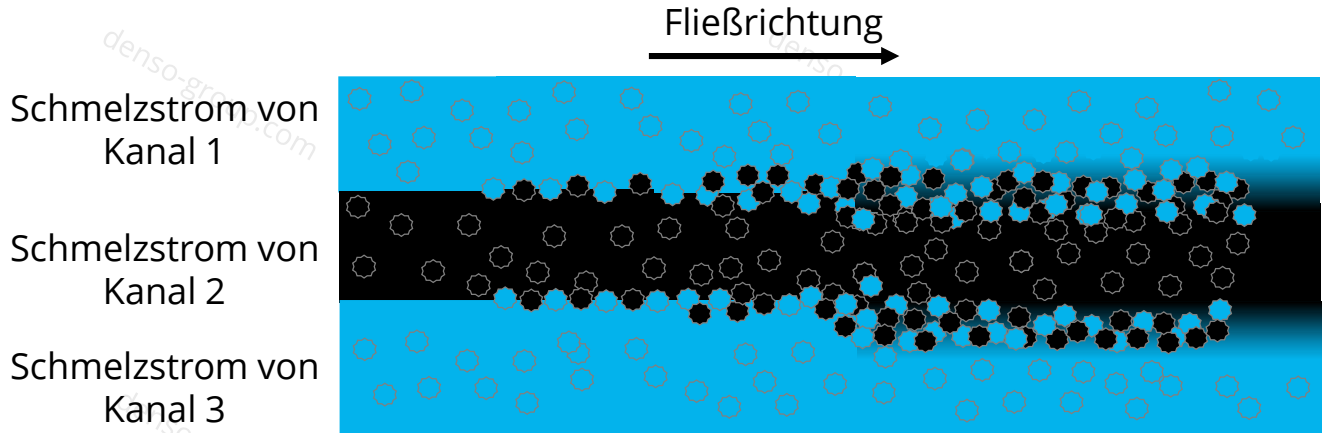
Das Prinzip echter Koextrusion

- Koextrusion erfordert mehr als einen Polymer **Schmelzstrom**.
- Jeder Schmelzstrom wird durch einen **eigenen Extruder** produziert
- Koextrusionsprozess: die Schmelzströme fließen aus verschiedenen Kanälen zu und durch 3 separate **Eingänge in eine Mehrschichtdüse**
- Die verschiedenen geschmolzenen Polymere fließen zusammen zum Auslass der **Mehrschichtdüse**.



Das Prinzip echter Koextrusion

- In der Mehrschichtdüse: Makromoleküle der geschmolzenen Polymere fließen ineinander und **vermischen** sich in den Grenzbereichen.



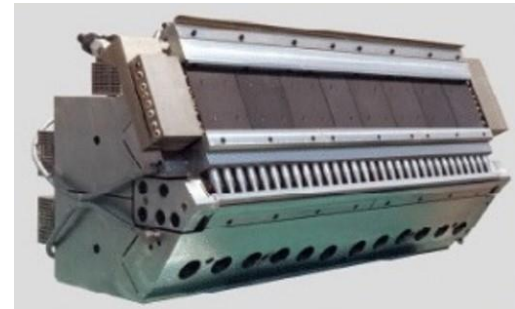
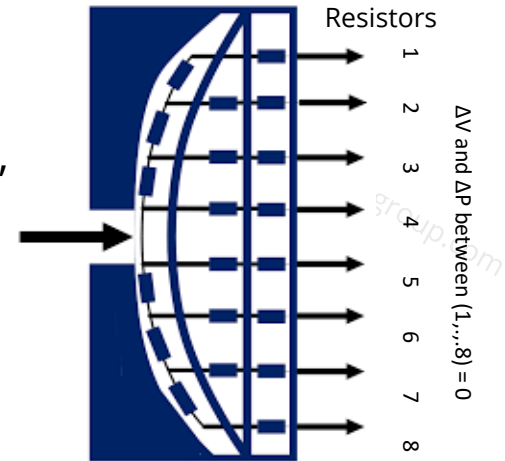
Entlang des Fließweges, fließen die Schmelzströme ineinander.



- Koextrusion ist mit einer **Verschweißung** vergleichbar – es gibt eine sehr starke Verbindung zwischen den verschiedenen Materialien

Das Prinzip echter Koextrusion

- Koextrusion erfordert Expertenwissen und sehr viel Erfahrung.
- Prozesstechnologie + Schmelzeigenschaften + "Formeln" müssen aufeinander abgestimmt sein.
- Jeder Schmelzstrom muss über die komplette Breite mit **derselben Geschwindigkeit** fließen, um eine **konstante und korrekte Dickenverteilung** zu gewährleisten.
- Eine echte Koextrusionsdüse hat einen eigenen Kanal und einen **Kleiderbügelverteiler** für jede Komponente. Dadurch wird eine **gleichmäßige Druckreduzierung** auf jedem Fließweg sichergestellt.



Eigenschaften von coextrudierten Bändern

- Sehr gute **Lage - Lage Haftung**.

Die Lagen teilen
oder trennen sich
nie voneinander!

- Sehr gute **Zugscherfestigkeit**.

Die Lagen bewegen
sich nicht aufeinander!

- Hohe **Reißdehnung**.

Schlechte Werte bei der Reißdehnung
sind ein Anzeichen für die Verwendung
minderer Materialqualität oder eines
unkontrollierten Koextrusionsprozesses!

➤ **Echte koextrudierte Bänder = hochwertige Bänder**



3. 3-Schichten- vs. 2-Schichten-Bänder

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

Material & Struktur 3-Schichten- vs. 2-Schichten-Bänder



3- Schichten-Band:



- Struktur: Trägerfolie, auf **beiden** Seiten mit Kleber beschichtet
- Klebermaterial: ausschließlich **Butylkautschuk**.
- Laminierung oder Koextrusion.

2- Schichten-Band:



- Struktur: Trägerfolie, auf nur **einer** Seite mit Kleber beschichtet
- Kleber: Butylkautschuk **oder** Bitumen.
 - Butylkautschuk: Laminierung oder Koextrusion.
 - Bitumen: nur Laminierung, **Koextrusion ist nicht möglich!**

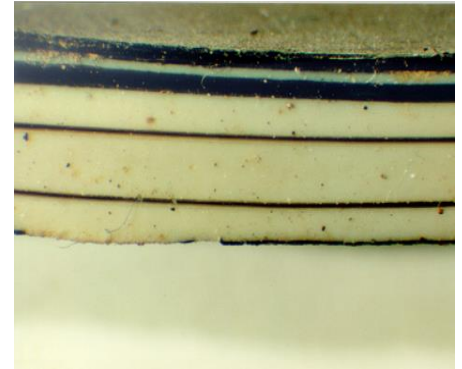
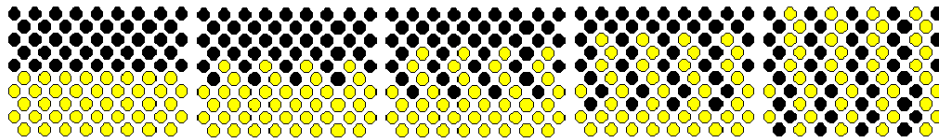
Eigenschaften von Butylkautschuk

Fähigkeit, bis zu einem bestimmten Grad zu „**fließen**“

- Füllt kleinere Löcher und Lunker der Stahloberfläche aus

Butylkautschuk-Lagen sind **selbst-verschweißend**, ohne dass Wärme zugeführt werden muss (Flamme)

- Moleküle wandern ineinander und formen eine **homogene Struktur**.



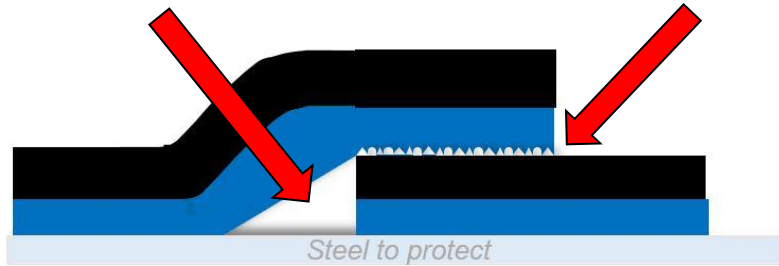
2-Schichten-Band: zuverlässiger Korrosionsschutz?



Gewickeltetes 2- Schichten-Band

Fehlende Haftung:
Gefahr von Hohlräumen

Fehlende Haftung:
Weg für Feuchtigkeit und Sauerstoff



- An der verbleibenden Kontaktfläche zwischen den Lagen können Mikrokanäle auftreten!
- Möglicher **Weg** für Feuchtigkeit und Sauerstoff!



SPIRAL KORROSION

2- Schichten-Band: Risiko von Spiral Korrosion!



SPIRAL KORROSION wird regelmäßig an Pipelines beobachtet, bei denen **2 Schichten-Bänder** als **Korrosionsschutzband** zum Einsatz gekommen sind.

**Spiral
Korrosion**



3-Schichten-Band: starker Korrosionsschutz



Gewickelttes 3-Schichten-Band

- Butylkautschuk-Lagen verwachsen im Überlappungsbereich der Bänder
- Moleküle wandern ineinander:
 - Bänder formen eine beständige, **schlauchartige Beschichtung**
 - Keine Kontaktfläche, Ausbruchstellen oder Mikrokanäle!
 - **KEINE SPIRAL KORROSION**





4. 3-Schichten-Bänder: koextrudiert & asymmetrisch

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

3-Schichten-Band: koextrudiert & asymmetrisch



1. Schritt: Koextrusion:



Butylkautschuk, koextrudiert mit der Trägerfolie

Zwischenschicht Butylkautschuk, koextrudiert mit der Trägerfolie

2. Schritt: Hinzufügen von Butylkautschuk:



Chemische Verbindung: Butylkautschuk + Butylkautschuk



Zusätzlicher Butylkautschuk bildet die gewünschte Dicke

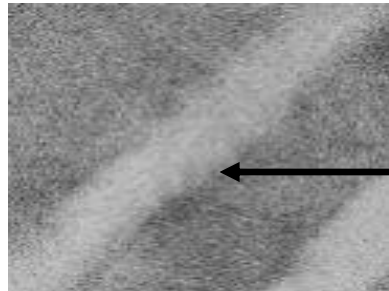
3-Schichten-Band: Koextrusion vs. Laminierung



Koextrusion:

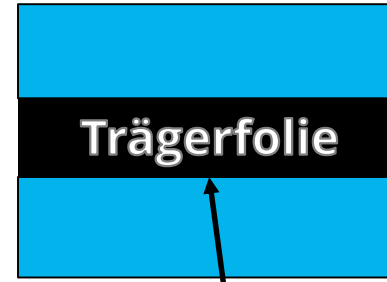


Starke **chemische Verbindung** zwischen Butylkautschuk und PE!
Chemische Verbindung: Butylkautschuk und Butylkautschuk



Vermischung der Makromoleküle zwischen den Schichten:
Hervorragende Langzeit-Eigenschaften!

Laminierung:



Lediglich mechanische Verbindung zwischen Butylkautschuk und PE

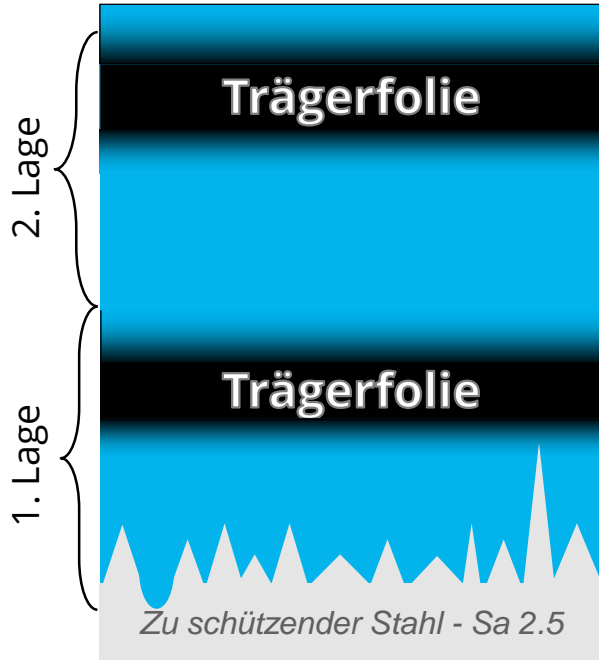


Keine Vermischung von Makromolekülen zwischen den Schichten: bei Alterung **verschlechtern** sich die **Langzeit-Eigenschaften** signifikant.

3-Schichten-Band - asymmetrisch vs. symmetrisch

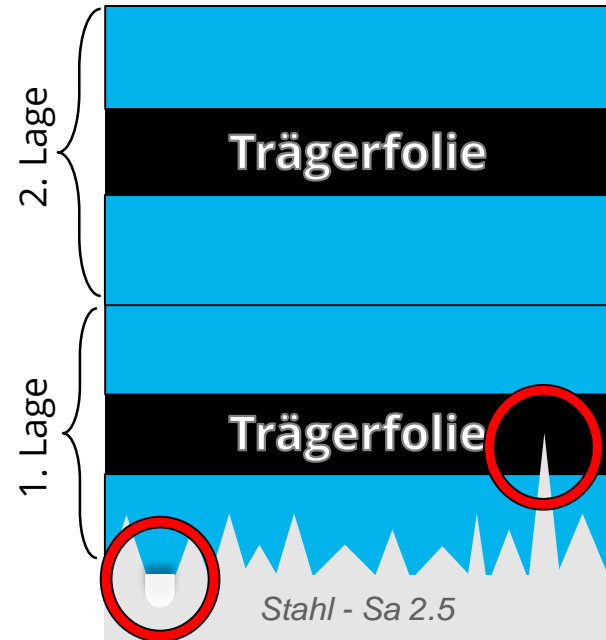


Asymmetrisch



Ca. die zweifache Dicke von Butylkautschuk ist in direktem Kontakt mit dem zu schützenden Stahl

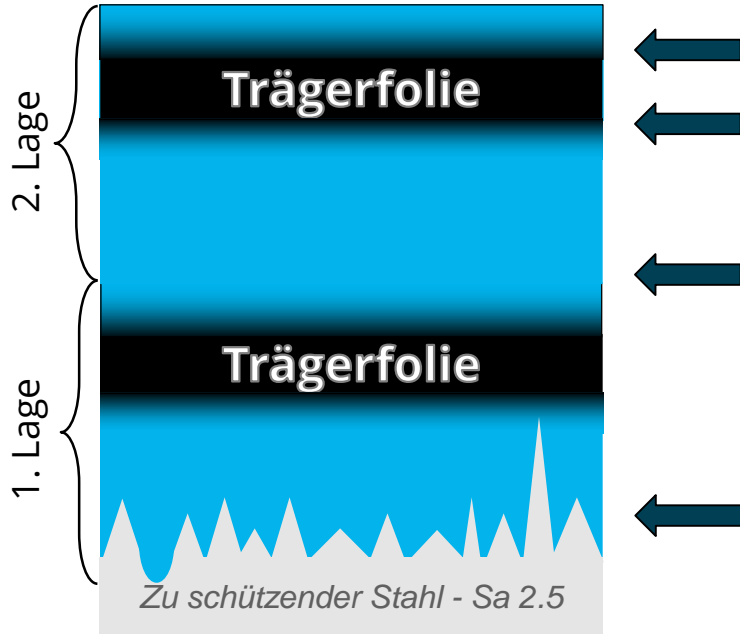
Symmetrisch



Risiko ungeschützter Spitzen

Risiko ungeschützter Ausbruchstellen

3-Schichten-Band: koextrudiert & asymmetrisch



Starke chemische Verbindung:

➤ Trägerfolie & Butylkautschuk

➤ Butylkautschuk & Butylkautschuk

Beste Bedeckung der gesamten
Stahloberfläche

Bevorzugte Kombination



5. Vergleich der Materialeigenschaften

denso-group.com

denso-group.com

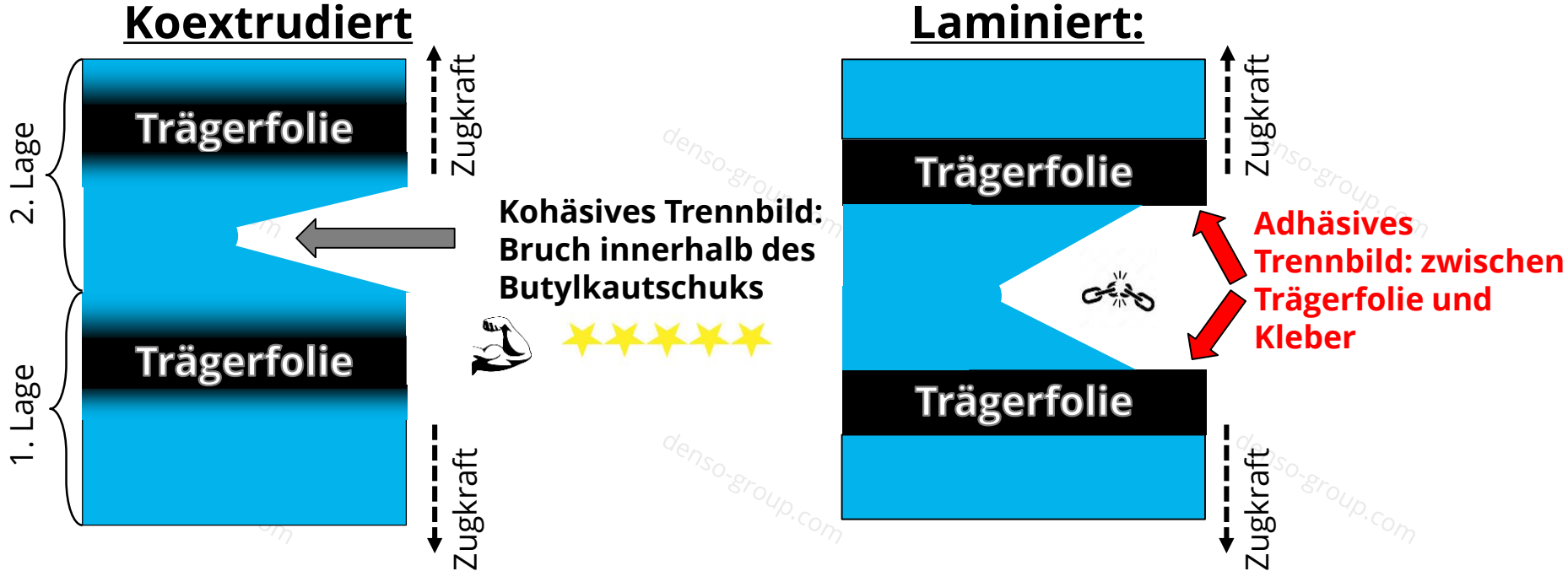
denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

3-Schichten-Band: Lage – Lage Haftung



Nur bei laminierten Bändern besteht ein gewisses Risiko der Ablösung zwischen den Schichten.

3 Schichten-Band: Lage – Lage Haftung

3 Schicht-Band, koextrudiert, Butylkautschuk / PE

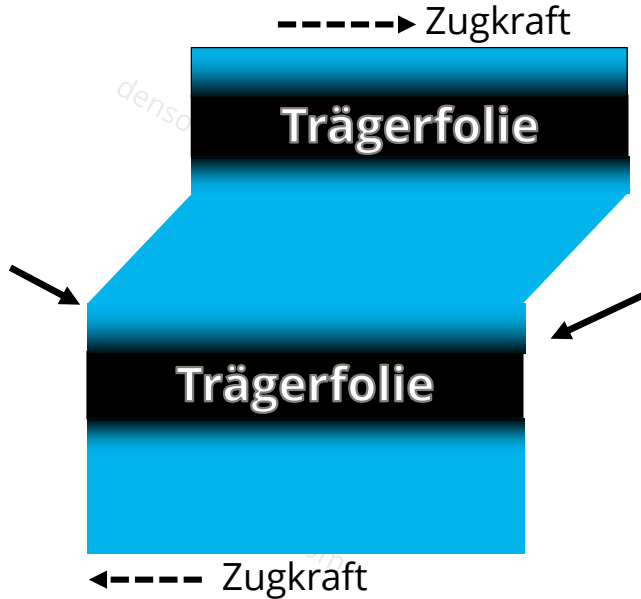


2- Schichten-Band, laminiert, Bitumen / PVC:



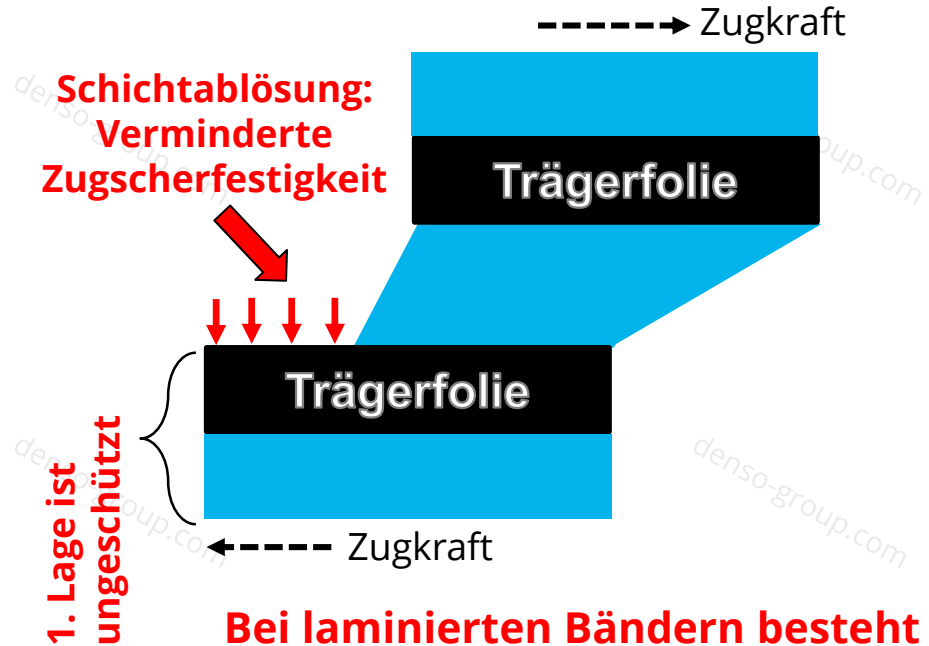
3-Schichten-Band: Zugscherfestigkeit

Koextrudiert



**Keine Schichtablösung:
Hohe Zugscherfestigkeit**

Laminiert

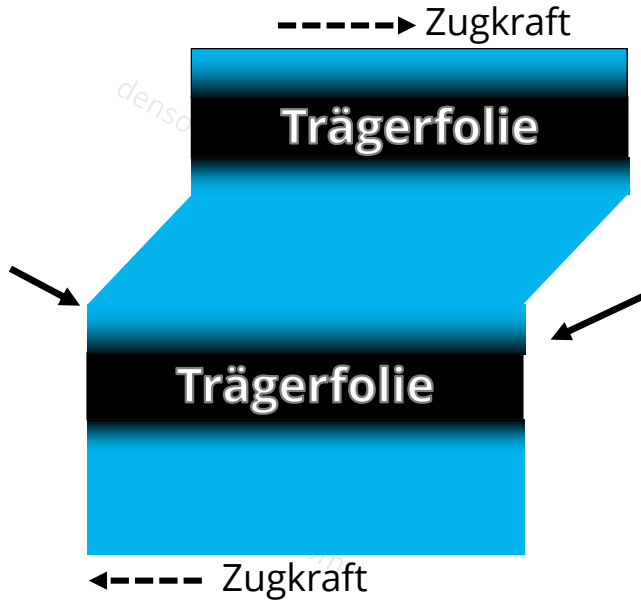


**Bei laminierten Bändern besteht nach
Alterung ein Risiko zur Schichtablösung**

3-Schichten vs. 2-Schichten-Band: Zugscherfestigkeit



Koextrudiert - 3 Schichten



**Keine Schichtablösung:
Hohe Zugscherfestigkeit**

Laminiert - 2-Schichten



**Hohes Risiko zur
Schichtablösung bei laminierten
2-Schichten-Bändern!**

Versagen von laminierten 2-Schichten-Bändern



Schwache Zugscherfestigkeit: schwache Widerstandsfähigkeit gegenüber Bodenspannungen

Übersicht Bandeigenschaften



Bandeigenschaft	Echt coextrudiertes 3 Schichten-Band	Laminiertes	
		3 Schichten-Band	2-Schichten-Band
Langzeit-Performance (Alterung)	hoch	gering	gering
Lage-Lage-Haftung	höher als EN-ISO	EN-ISO	gering
Lage-Lage-Fehlerbild	100% kohäsiv	adhäsiv- kohäsiv	adhäsiv
Zugscherfestigkeit	höher als EN-ISO	EN-ISO	gering
Risiko von Spiralkorrosion	sehr gering	gering	sehr hoch
Konstanz der Banddicke	perfekt konstant	weniger konstant	weniger konstant
Bedeckung der Stahloberfläche	exzellent	eingeschränkt	eingeschränkt
Flexibilität bei tiefen Temperaturen	exzellent	gering	gering



6. Koextrusion vs. Laminierung – einfach testen

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

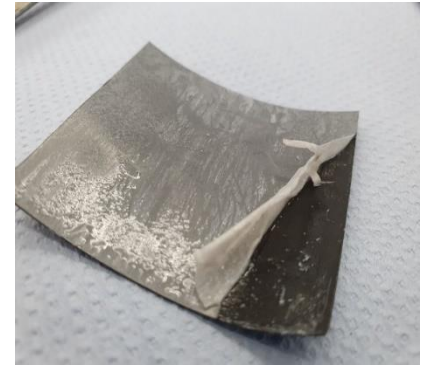
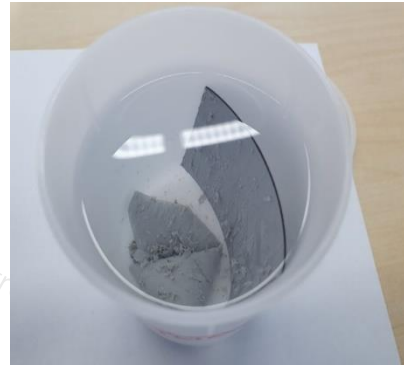
Tauchtest mit Benzin

Koextrusion - Laminierung



Eintauchen in Benzin: 2- oder 3-Schichtenband für mind. 2 Stunden

- Klebstoffreste lassen sich leicht entfernen, Trägerfolie ist glatt oder glänzend: **Laminierung**
- Klebstoffreste können nur mit starken mechanischen Hilfsmitteln entfernt werden: **Koextrusion**



Klebstoff einfach entfernbar: **Laminierung**

Klebstoff schwer entfernbar: **Koextrusion**



7. Langzeiterfahrungen mit DENSOLEN® 3-Schichtenbändern

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

Energienetz Bayern GmbH (München)

Pipeline Netz von 9.500 km

Moosburg – Straubing Pipeline

- Baujahr: 1976
- Verwendeter Korrosionsschutz:
koextrudierte DENSOLEN® 3-Schichten
PE/Butylkautschuk-Bänder.
- Ausgrabungsjahr: 2015
(nach **39 Jahren** in Betrieb)

Bewertung der Schweißnahtumhüllung nach 39 Jahren:

- Kein Fehler – keine Korrosion
- *Schälwiderstand*: $\geq 1,83\text{N/mm}^*$ – kohäsiver Bruch



Referenz: Gascade STEGAL



Gascade Gastransport GmbH - Germany

Pipeline Netz von 2.900 km

DN 900 STEGAL Pipeline

- Baujahr: 1992
- Verwendeter Korrosionsschutz:
koextrudierte DENSOLEN® 3-Schichten PE/Butylkautschuk-Bänder.
- Ausgrabungsjahr : 2012 (nach **20 Jahren** in Betrieb)

Bewertung der Schweißnahtumhüllung nach 20 Jahren:

- Kein Fehler – keine Korrosion
- *Schälwiderstand*: 6,40N/mm*
- kohäsiver Bruch: Restschichtdicke: 344 microns

*Requirements of EN 12068: $\geq 1,00\text{N/mm}$





8. Fazit

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

denso-group.com

Echte koextrudierte 3- Schichten-Bänder



- Selbstverwachsung = "**schlauchartige Beschichtung**".
- **Keine Spiralkorrosion.**
- Beste Bedeckung der gesamten Stahloberfläche.
- Sehr gute **Lage-Lage Haftung.**
- Sehr gute **Zugscherfestigkeit** = "*sehr gute Widerstandsfähigkeit gegen Bodenspannungen*".
- Exzellentes **Langzeit-Verhalten**, nachgewiesen durch Inspektionen der Schweißnahtumhüllung
- Kein anderes Bandsystem weist einen längeren, **nachgewiesenen** Qualitätsbeweis im Feld auf



- **Die Bandstruktur ist relevant:**

- 3-Schichten-Bänder bilden eine schlauchartige Beschichtung.
- 2-Schichten-Bänder haben das Risiko, als Korrosionsschutz zu versagen.

- **Das Bandmaterial ist relevant:**

- PE/Butylkautschuk ist das bessere Material, im Vergleich zu PVC/Bitumen.
- PE/Butylkautschuk ist seit Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz erprobt!

- **Produktionstechnologie ist relevant:**

- Echte Koextrusion ist die beste Produktionstechnologie für Bänder.
- Laminierte Bänder bergen die Gefahr, im Dauereinsatz zu versagen.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei weiteren Fragen kontaktieren Sie uns!



Kontakt:

Dr. Carsten Fischer

Leiter Vertrieb D-A-CH & BeNeLux

Tel.: +49 214 2602 305

Mobil: +49 171 8630680

Mail: carsten.fischer@denso-group.com

[denso-group.com](https://www.denso-group.com)